©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Über ein neues Cristobalitvorkommen bei Gleichenberg in Oststeiermark

Von

Arthur Marchet

Aus dem Mineralogisch-petrographischen Institute der Universität Wien

(Vorgelegt in der Sitzung am 20. November 1930)

Der im Norden des Kurortes Gleichenberg sich erhebende Doppelgipfel des Gleichenberger- und Bscheidkogels wird an seiner Ostflanke durch den tiefeingeschnittenen Eichgraben begrenzt. Im obersten Teil dieses Grabens findet man im Bachbett Blöcke eines rotgefärbten Gesteines, von dem ich Proben für die in Arbeit befindliche chemische Untersuchung der Gleichenberger Eruptiva entnahm. Für die Subventionierung der Arbeit bin ich der Wiener Akademie der Wissenschaften sehr zu Danke verpflichtet.

Sigmund,[1] der die erste genauere petrographische Beschreibung des Gleichenberger Eruptivgebietes lieferte, rechnet das erwähnte Gestein zu den »Andesiten«. In der chemischen Zusammensetzung wie auch im Mineralbestand zeigt aber das Gestein deutliche Abweichungen von echten Andesiten.[2] Es gehört ebenso wie die übrigen Ergußgesteine dieses Gebietes nicht, wie F. Angel[3] angibt, der pazifischen Reihe der Eruptivgesteine an, sondern hat intermediären Charakter ähnlich echten Monzoniten und Syeniten.

Das Gestein hat deutlich porphyrische Struktur. Einsprenglinge von Plagioklas, Anomit, monoklinem Pyroxen und Iddingsit liegen in einer violettroten, dem freien Auge dicht erscheinenden Grundmasse. Die Gemengteile seien kurz charakterisiert:

Einsprenglinge.

Plagioklas,

häufig in Doppelzwillingen nach Albit- und Karlsbadergesetz, erreicht eine Größe bis zu etwa 5 *mm*. Aus den optischen Eigenschaften ergibt sich ein Anorthitgehalt von im Mittel 64%. Normale Zonenstruktur erscheint schwach ausgebildet. Basische Rekurrenzen

[1] A. Sigmund, Die Eruptivgesteine bei Gleichenberg. Tscherm. Min.-petr. Mitt., *21*, 1902, 201—306.

[2] A. Marchet, Bericht über Untersuchungen an den Eruptivgesteinen von Gleichenberg in Oststeiermark. Akad. d. Wiss. in Wien, Sitz.-Anz., 1927, 157—160. Hier auch Gesteinsanalyse!

[3] F. Angel, Gesteine der Steiermark. Mitt. d. Naturw. Vereines f. Steiermark, Graz, *60*, Bd. 1924, 103. Die hier angegebenen *S*-Zahlen sind unrichtig und bedeutend zu hoch. Statt der p. 110 u. 287 angegebenen Werte: 82·1, 84·9, 71·5, 71·1 gehört 80·6, 68·9, 67·4, 65·5.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

sind häufig, doch beträgt der Unterschied im Anorthitgehalt zwischen Kern und albitreichster Zone kaum mehr als 7% An. Sehr oft findet man Einschlüsse von parallelverwachsenem Sanidin, die rundlich begrenzt erscheinen. Am Rand der Plagioklase sieht man häufig Korrosionserscheinungen, die Grundmasse dringt in schmalen Schläuchen und Zapfen etwa 0·02 *mm* tief in den Plagioklas ein.

Pyroxen.

Blaßgrün gefärbte, bis zu 1 *mm* große Körner, manchmal mit deutlichen Krystallformen. Zwillingslamellen nach (100) sind ziemlich selten. Ab und zu findet man im Kern der Pyroxene bastitartige Bildungen, die aus parallelfaserigem Serpentin (γ in der Faserrichtung) und Opal bestehen. Reste des Ausgangsmaterials wurden nicht gefunden, doch läßt sich nach analogen Bildungen in anderen Gesteinsproben des Gleichenberger Eruptivgebietes, die Reste von Hypersthen erhalten zeigen, mit Sicherheit vermuten, daß es sich hier um Pseudomorphosen nach Hypersthen handelt. Von optischen Konstanten wurden am monoklinen Pyroxen bestimmt: $2\,V\gamma = 51^1/_2°$, $\gamma - \alpha = 0·021$, $c\,\gamma = 39°$ Es liegt somit diopsidischer Augit vor. Als Zersetzungsprodukte des Minerals findet man in unfrischen Gesteinspartien deutlich pleochroitischen (gelbgrün-blaugrün) Chlorit und Opal in unregelmäßigen Bändern und Maschen.

Anomit.

In einer Größe bis zu etwa 3 *mm* Durchmesser findet sich das Mineral recht häufig. Die Formen erscheinen manchmal gerundet, Resorptionshöhlungen greifen in die mehr oder weniger sechseckigen Plättchen ein. Optische Konstanten:

$2\,V_a = 36°$ mit starker Dispersion $\rho < v$, α senkrecht auf (001), $\gamma - \alpha = 0·099$, Pleochroismus stark: α lichtgelb, γ rotbraun.

Am Rand treten sehr häufig Drucklinien auf, die sich unter 60° schneiden. Diesen Drucklinien liegt die optische Achsenebene parallel (Glimmer 1. Art). Zwillingslamellierung ist hie und da zu beobachten. Die Glimmer sind immer von einem dunklen Reaktionssaum umgeben, der aus Körnchen von Eisenoxyd besteht, die an den dünnsten Stellen rotbraun durchscheinend werden.

Iddingsit.

Als Umwandlungsprodukt nach Olivin, der nicht mehr erhalten ist, findet sich I. in bis zu $^1/_2$ *mm* großen Pseudomorphosen. Auf Olivin als Ausgangsmaterial weist die spitzwinkelige Begrenzung hin. Auffallend ist die geringe Lichtbrechung mit α unter und γ stark über Kanadabalsam. Vielleicht sind Opalimprägnationen die Ursache hievon.[1] Der parallelfaserige Iddingsit erscheint optisch

[1] Geringere Lichtbrechung als gewöhnlich beschreibt auch H. v. Eckermann (Geol. För. Förh., 1925, 288) bei Eisen-Iddingsit aus Diabas von Gevle (Schweden) mit α zirka 1·58.

©Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

einachsig, $\gamma - \alpha = 0{\cdot}045$, Pleochroismus deutlich: α farblos, γ gelbgrün, Auslöschung gerade mit α senkrecht auf die klaffenden Spaltrisse. Ähnlich wie beim Anomit treten auch hier immer dunkel rotbraune Reaktionssäume, durch Ausscheidung von Eisenoxyd verursacht, auf. Stellenweise erscheint der Iddingsit in Serpentin und Opal weiter umgewandelt, ein Beweis dafür, daß die Iddingsitbildung nicht das Produkt oberflächlicher Verwitterung ist, sondern durch postvulkanische, vielleicht hydrothermale Einwirkungen verursacht wurde. Die Zersetzungsprodukte des Iddingsit zeigen typische Maschenstruktur. Die Maschen bestehen aus parallelfaserigem Serpentin. Die Faserrichtung ($= \gamma$) steht meist zur Längsrichtung der Ader senkrecht. Vereinzelt findet man im innersten Teil der Serpentinadern braunrot durchscheinendes Eisenoxyd. Die Hauptmasse des Zersetzungsproduktes, d. i. der von den Serpentinmaschen umschlossene Teil, besteht aus Opal. Die Reaktionssäume um die ursprünglichen Iddingsite sind auch in diesen Zersetzungsprodukten erhalten.

Grundmasse.

Die Rotfärbung des Gesteins ist durch den Reichtum der feinkrystallinen Grundmasse an kleinen Körnchen von braunrotem Eisenoxyd (Hämatit) verursacht, die häufig eine wolkige Verteilung zeigen. Der Hämatit ist durch nachträgliche Oxydation aus Magnetit hervorgegangen. Dafür spricht das Vorkommen von größeren (0·1 *mm*) Magnetitresten in oktaedrischen Krystallen, die von einer Hülle von feinen Hämatitkörnern umgeben sind, ferner auch die ebenfalls im Gleichenberger Gebiet gemachte Beobachtung, daß mehrere Kubikmeter große Blöcke von rotem Trachyt im Kern dunkelgrau gefärbt sind und dort keinen Hämatit, sondern nur Magnetit führen.

Hauptbestandteile der Grundmasse sind Feldspate und monokliner Pyroxen. Kleine idiomorphe Plagioklasleisten, nach der Lichtbrechung Andesin bis Labrador, sind reichlich vorhanden. In ihrer Anordnung um Einsprenglinge prägt sich deutlich Fluidaltextur aus. Zwillingsbildungen wurden nicht beobachtet. Charakteristisch ist das sehr reichliche Auftreten von Sanidin. Oft ist er parallel mit dem Plagioklas verwachsen und bildet Hüllen um ihn. Krystallgestalt fehlt dem Sanidin völlig, er ist als letzte Ausscheidung xenomorph. Neben den beiden Feldspaten finden sich in der Grundmasse in geringerer Menge noch kleine Körnchen von monoklinem Pyroxen.

Als Nebengemengteil findet sich schließlich Apatit in vereinzelten Säulen. Gesteinsglas wurde nicht beobachtet.

Das reichliche Auftreten von Sanidin in der Grundmasse, weiters der relativ hohe Gehalt an Iddingsit (nach Olivin) sind wichtige Charakterzüge des Gesteins, die sich auch im Chemismus aussprechen durch höheren Alkali-, speziell K_2O-Gehalt (k-Zahl 0·46 gegen 0·23 bis 0·31 bei echten Andesiten) und relativ niederen

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

SiO_2-Gehalt. Darin liegen auch die wesentlichen Unterschiede dieses Alkaliandesits gegenüber echten Andesiten. Über den Chemismus des Gesteins soll an anderer Stelle ausführlicher berichtet werden.

Manche Proben des geschilderten Gesteins zeigen zahlreiche, bis etwa 1 *cm* lange Blasenräume. Diese erscheinen meist langgestreckt und parallel angeordnet (Fluidaltextur). Mit der Lupe erkennt man, daß die Wandungen mit einer gelblichen Substanz ausgekleidet sind. Sphärosiderit in braunen, halbkugeligen Aggregaten, und als jüngste Bildung winzige, spießige Kryställchen von Calcit sind namentlich in den größeren Blasenräumen ziemlich häufig enthalten. Nicht selten findet man statt der genannten Minerale in den Hohlräumen lebhaft glänzende, farblos durchsichtige Kryställchen, die bis zu 0·1 *mm* groß werden. Sie zeigen die Formen des Oktaeders, dessen Ecken durch Würfelflächen abgestumpft sind. Viel seltener tritt das Mineral in würfeligen Krystallen auf. Zwillingsbildungen oder Abplattungen nach (111) wurden nicht beobachtet. Spaltbarkeit ist auch bei stärkerer Vergrößerung nicht zu bemerken. Das Mineral erscheint recht spröde. Wenn man mit einer Nadel einzelne Stückchen herauszubrechen versucht, wird die nähere Umgebung der Druckstelle durch das Auftreten winziger Risse weiß und verliert die Durchsichtigkeit. Die genauere Prüfung erweist, daß Cristobalit vorliegt.

Eine Untersuchung solcher Blasenräume im Dünnschliff zeigt, daß die Wandung der Hohlräume mit konzentrisch angeordneten Schichten ausgekleidet ist. Außen am unveränderten Gestein anliegend, ist eine gelbliche Schichte von etwa 0·02 *mm* und mehr Dicke, die nahezu dicht erscheint, trüb und undurchsichtig ist. Nach der niederen Lichtbrechung zu schließen, handelt es sich wohl um Opal, der durchsetzt ist von zahllosen, winzigen, doppelbrechenden Körnchen, deren Natur nicht bestimmbar ist. Daran schließt sich eine Schichte, ebenfalls von etwa 0·02 *mm* Dicke, die aus einem im Dünnschliff faserig-nadelig erscheinenden Mineral aufgebaut ist. Die Fasern stehen senkrecht zur Wandung, zeigen γ in der Längsrichtung, löschen gerade aus und haben niedere Lichtbrechung. Die Doppelbrechung beträgt etwa 0·005, die Farbe ist blaßgrün. Wahrscheinlich liegt Delessit vor.

Die folgende Schichte von 0·01 bis 0·02 *mm* Dicke ist einfachbrechend. Nadeln und Büschel von Delessit (?) spießen aus der vorigen Schichte hier hinein. Stellenweise kann man typische Schrumpfungsrisse erkennen. Die Lichtbrechung wurde an geeigneten Splittern mittels Immersionsmethode mit 1·445 bestimmt. Sie ist niedriger als die Lichtbrechung der benachbarten Schichten. Es kann keinem Zweifel obliegen, daß diese Schichte aus Opal besteht. Nach innen folgt dann eine Schichte eines doppelbrechenden Minerals, wieder 0·02 *mm* und mehr dick. Dem Opal benachbart erscheint das Mineral manchmal schuppig entwickelt in Formen, die an die der Tridymite hocherhitzter Dinassteine erinnern. Gegen

©Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

das Innere des Blasenraumes zu tritt das Mineral in divergentstrahligen Büscheln auf. In der Längsrichtung der Strahlen liegt γ. Die niedere Lichtbrechung, die Doppelbrechung von etwa 0·004 lassen vermuten, daß es sich tatsächlich um Tridymit handelt. Dafür würden auch die Unlöslichkeit in HCl, H_2SO_4 und Löslichkeit in HF sprechen.

Nun folgt erst die Substanz, die in den freien Hohlraum mit tesseralen Krystallformen ragt. Geringe Doppelbrechung, zu schwach, um im Dünnschliff deutliche Interferenzbilder zu geben, und niedrigere Lichtbrechung als Kanadabalsam zeichnen sie aus. Das Gefüge ist körnig, wobei die Korngröße gegen innen zunimmt. Die einzelnen Körner haben, soweit sie nicht mit Krystallflächen in einen freien Hohlraum enden, unregelmäßige Gestalt. Die kleinen Körner am Rand sind senkrecht zur Wandung in die Länge gestreckt und haben meist γ annähernd in der Längsrichtung.

Da diese mikroskopischen Merkmale zur Bestimmung nicht ausreichten, wurde die Substanz noch näher untersucht. Nach der Immersionsmethode wurde an isolierten Krystallsplittern von einigen Hundertstelmillimetern Größe die Lichtbrechung möglichst genau bestimmt. Der mittlere Brechungsexponent ergab sich mit $1{\cdot}485 \pm 0{\cdot}001$. An einzelnen Splittern konnte optisch negativer Charakter nachgewiesen werden, sie erschienen bald optisch einachsig, bald optisch zweiachsig (Spannungseffekt). Dies war ein Hinweis, daß Cristobalit vorliegt. Zur Kontrolle wurde an Splittern auch die Löslichkeit in Säuren geprüft. Schwefelsäure und Salzsäure wirken auf das Mineral nicht ein, hingegen löst es sich in warmer Flußsäure rasch auf. Kalte Flußsäure wirkt langsamer ein. Es läßt sich unter dem Mikroskop deutlich beobachten, daß anhaftende Opalschichten sich viel rascher lösen. Nach dem Verdampfen der Flußsäure bleibt kein Rückstand zurück. Damit ist das Vorhandensein von Cristobalit erwiesen.

Cristobalit ist die bei den höchsten Temperaturen stabile Modifikation von SiO_2. Es ist daher von großem Interesse, daß sich bei dem neuen Gleichenberger Vorkommen keinerlei Anzeichen von hohen Bildungstemperaturen finden. Die unmittelbare Nachbarschaft des Cristobalit zeigt keinerlei Beeinflussung durch Hitze. Im Gegenteil, der Umstand, daß in zirka 0·02 *mm* Entfernung vom Cristobalit Opal auftritt, läßt die Annahme einer stärkeren Temperaturerhöhung nicht zu. Daß etwa der Opal eine spätere Bildung ist, läßt sich mit der Art seines Auftretens als konzentrische Schichte um Cristobalit und Tridymit (?) nicht in Einklang bringen. Das geschilderte spießige Eindringen von Fasern und Nadeln des delessitartigen Minerals in den Opal läßt schließen, daß der Opal aus einer gallertigen Masse hervorgegangen ist, in welche die Nadeln von der Wandung her hineinwachsen konnten. Der Cristobalit ist also zweifellos jünger als der Opal. Seine gut ausgebildete Krystallgestalt beweist, daß er direkt entstanden ist. Somit muß sich das Mineral in labilem Zustand bei relativ niederer Temperatur gebildet haben.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

In der mir bekannten Literatur über Cristobalitvorkommen findet sich keine Angabe, daß Cristobalit mit älterem Opal in ähnlicher Paragenese auftritt. Die Bildung von Cristobalit in Porenräumen von Ergußgesteinen ist, wie A. F. Rogers[1] meint, aller Wahrscheinlichkeit nach entweder in einer späten magmatischen Periode oder in einer sehr frühen Periode der Umwandlung durch heiße Gase vorsichgegangen.[2] In unserem Falle ist eine Bildung in einer späten magmatischen Periode nicht denkbar. Es bleibt daher zu untersuchen, ob eine Bildung unter Wirkung heißer Gase durch Umwandlung anzunehmen ist. Als umgewandeltes SiO_2-Mineral würde in unserem Falle in erster Linie Opal in Betracht kommen. Es wäre aber nicht einzusehen, warum in den Blasenräumen immer wieder eine etwa 0·02 *mm* dicke Opalschichte der Umwandlung entgangen ist, gleichgültig ob die Menge an neugebildetem Cristobalit eine größere oder eine kleinere war. Es befriedigt also diese Erklärung der Entstehung nicht. Die größte Wahrscheinlichkeit hat nach meinem Dafürhalten die Annahme, daß die Bildung des Cristobalit mit Reaktionen zusammenhängt, die sich bei einer späteren Durchgasung des Gesteins zwischen heißen Gasen und Dämpfen abgespielt haben. Diese Durchgasung wäre im Zusammenhang mit späteren vulkanischen Vorgängen erfolgt, nachdem das Muttergestein des Cristobalit schon soweit abgekühlt war, daß hydrothermale Bildungen entstehen konnten. Diese Annahme würde damit in Einklang stehen, daß die Gleichenberger Ergußgesteine nicht, wie Sigmund[3] annahm, Produkte einer Differentiation der in einem Akt geförderten Eruptivmasse darstellen, sondern daß mehrere Eruptionen hintereinander erfolgten. Dabei waren die zuerst geförderten Ergüsse von alkaliandesitischer, die späteren von trachytischer Zusammensetzung.[4] C. N. Fenner[5] erklärt schon, daß die Bildung von Cristobalit und Tridymit durchaus nicht bei den Temperaturen erfolgen muß, bei denen diese Minerale stabil sind. Er betont, daß die rasche Bildung durch Reaktion von Dämpfen es möglich macht, daß diese Minerale sich auch unterhalb ihres Stabilitätsgebietes bilden können. L. Longchambon[6] ist die künstliche Darstellung von Cristobalit auch bei Temperaturen weit unter dem Stabilitätsgebiet dadurch gelungen, daß er amorphe Kieselsäure mit Flußmitteln erhitzte. Er erhielt selbst unter 500° noch Cristo-

---

[1] A. F. Rogers, Natural history of the silica minerals. Am. Mineralogist, *13*, 1928, 73—87.

[2] Hieher gehört z. B. das nach P. Ramdohr pneumatolitisch gebildete Vorkommen von der Blauen Kuppe bei Esdwege (Jahrb. d. Preuß. Geol. Landesanst., 1919, I. 284).

[3] L. c., Tschm. Min.-petr. Mitt., *21*, 1902, 268.

[4] A. Winkler, Erläuterungen z. geol. Spezialkarte d. Rep. Österreich, Blatt Gleichenberg, Wien, 1927, 69.

[5] C. N. Fenner, Stability relations of silica minerals. Am. Journ. of sc., *36*, 1913, 345.

[6] L. Longchambon, Sur les transformations polymorphiques de la silice. Compt. rend., *180*, 1925, 1855—1858.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

balit. Zur Erklärung führt er an, daß sich die Kieselsäure in der Schmelze leicht löst, wodurch rasch eine Übersättigung erfolgt. Es fällt SiO_2 in der Form von Cristobalit oder Tridymit aus, auch wenn die Temperatur unter 870° (Umwandlungspunkt Tridymit—Quarz) liegt, im Einklang mit der Ostwald'schen Stufenregel. Auch bei dieser künstlichen Darstellung ermöglicht die Raschheit der Bildung die Entstehung im instabilen Gebiete. Da Reaktionen in Gasen und Dämpfen schon wegen der großen Molekülbeweglichkeit rasch erfolgen, wird eine Überschreitung des Stabilitätsgebietes begreiflich. Die oben erwähnte Ansicht C. N. Fenner's über die Entstehung von Cristobalit bei niedereren Temperaturen scheint daher für das Gleichenberger Vorkommen am ehesten zuzutreffen. Welcher Art allerdings die Gase und Dämpfe waren, entzieht sich unserer Beurteilung. Auch die Frage, ob nicht erhöhter Druck von Einfluß war, ist nicht zu beantworten.